

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

An Abstract of Japanese Patent Application Laid-open
No.63-33706 (1988)

PURPOSE: To suppress the radiation loss by continuously changing the refractive index distribution in the axial direction while keeping the normalized frequency of a fibrous element, which consists of a core layer and a cladding layer, approximately constant.

CONSTITUTION: A fiber type optical wave circuit element consists of a core layer 51 and a cladding layer 52, and the cross section of the core layer 51 in both ends 51a and 51b has about circular symmetrical shape, and the normalized frequency is kept approximately constant between both ends 51a and 51b and the refractive index distribution is so set that the electromagnetic field distribution is continuously spread in the axial direction. Consequently, the incident optical wave from one end 51a keeps the peculiar mode while suppressing the radiation loss during propagation and reaches the other end 51b. If the cross section shape of the core layer 51 in both ends 51a and 51b is set in accordance with the electromagnetic field distribution of the optical wave circuit element connected to both ends 51a and 51b, the radiation loss accompanied with mismatching of the electromagnetic field distribution due to connection is suppressed.

ながら軸方向に連続的に変化していることを特徴とする
フライバ型単一モード光波回路素子に係る。

第三の発明は、軸方向に一律な屈折率分布を有する単一モードフライバに対して軸方向に沿って分布加熱を施すことにより、コア材及び/又はクラッド領域中のコア材を加熱させ、フライバの屈折率分布を軸方向に単一モード条件を満たしながら連続的に変化させることを特徴とするフライバ型単一モード光波回路素子の製造方法に係る。

【作用】

第一の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の基本形態は第1図に示される。図において、1はこの発明のフライバ型単一モード光波回路素子であり、コア領域2とクラッド領域3とからなるフライバ状の素子として構成されている。屈折率分布を生成するためにコア領域及び/又はクラッド領域に含有させたドーパントの横断面内濃度を素子全長にわたって一定に保たれている。そして、各横断面における屈折率分布は一例として第2図から第4図に示すように、その軸方向に単一モード条件を満たしながら連続的に変化し、即ちドーパント分布もその横断面内濃度を一定に保ったまま分布形状が軸方向に連続的に変化しており、素子外形は全体としてほぼ一定に保たれるように形成されている。

ここで、単一モード条件とは、例えばコアの横断面が円形であると仮定したとき、コアの半径を a 、コア及びクラッド領域の屈折率をそれぞれ n_1, n_2 とし、伝播する光の真空中波長を λ とした場合、
$$V = (2\pi/\lambda) a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} < 2.4048$$
の関係式で定義される正規化周波数 V が、以下であることを意味する。

従って、この素子1の一端1a側の屈折率分布に対応する固有モードを有する光波を一端1aから入射させると、素子の中を伝播するに使いドーパント分布その固有モード分布に対応した屈折率分布に変化しながらその固有モードを保持して他端1bに到達し、且つ軸方向への屈折率分布が得られに変化していることから、素子中を伝播する光波の放射モードへの結合を抑制することができ、一端1aから他端1bへの電磁界分布の変形を低損失で行なうことが可能となる。

尚、「屈折率分布が連続的に変化している」とは第1図に示したようなテーパ形状の変化に限定されず、要は単一モード条件を満たしながら得られる変化が構成されていればよい(以下、同様に解釈する。)

第二の発明のフライバ型光波回路素子の基本的概念は第3図に示される。図において、4はこの発明のフライバ型単一モード光波回路素子であり、コア層5とクラッド領域6とからなるフライバ状の素子として構成されている。

そして、一例として第3図における L_1 、 L_2 及び L_3 、 L_4 (a1,2,3)で示される面の各屈折率分布をグラフにす

ると、 $m=1$ の面においては第4図及び第5図に示すようにその屈折率分布が非円形状であり、一方、 $m=3$ の面における屈折率分布は第4図及び第5図に示すように円形状となっている。

そして、 $m=1$ の面 $m=3$ の面との間ではその屈折率分布が連続的に変化しており、第4図及び第5図はこの連続的に変化している途中の一横断面の屈折率分布を示したものである。尚、前記には屈折率分布についての一例として一端が円形状、他端が略円形状であることを挙げたが、この発明においては両端が非円形状のもの、両端が略円形状であるが任意の横断面が非円形状であるものを含む。

この発明の素子もドーパントの横断面内分布濃度が素子全長にわたって一定に保たれつつ軸方向への屈折率分布が単一モード条件を満たしながら得られに変化していることから、素子中を伝播する光波の放射モードへの結合を抑制することができ、一端から他端への電磁界分布の変形を低損失で行ない得る。この素子の他の利点は他の光波回路素子を接続する場合にはその出入力における横断面的な不整合即ち電磁界分布の不整合に伴う放射損失を抑制することができ、例えば、接続される素子が光波結晶回路型の素子で非円形状の屈折率分布を有しているような場合に、この発明の素子の接続側の屈折率分布をその屈折率分布に整合させておけば、放射損失を非常に低く抑制することが可能となる。

上記発明のフライバ型単一モード光波回路素子の使用例あるいは製造技術の基本的概念は第6図に示される。図において、7及び8はそれぞれコア層 a_1 、 b_1 とクラッド層 a_2 、 b_2 の厚さ10 μ mからなる第1及び第2の素子部であり、伝播する光波の電磁界分布はある横断面11a,11bで十分に広がるように屈折率分布を軸方向に連続的に変化させてある。そして、その横断面11a,11bの間はキヤップ12として構成される。

従って、伝播する光のスポットサイズはそのキヤップ12で十分に大きくなり、キヤップ12に導波作用の無い他の素子を介した場合には光波の屈折による損失を低く抑制することができ、

一端の光フライバの間に導波作用のない光素子を挿入するとフライバを伝播する光波の電磁界分布の広がりが小さくなるため、この発明のフライバ型単一モード光波回路素子が生じたが、この発明のフライバ型単一モード光波回路素子は電磁界分布を横断面11a,11bで十分に広げられるように屈折率分布を軸方向に連続的に変化させてあるため、そのめでの放射損失を極めて低くすることができるとなる。

第三の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の製造方法の基本的概念は第7図に示される。同図において、13はフライバコア層 a_1 であり、横断面形状が非円形状であるコア用フライバ a_2 を中央に、クラッド領域用フライバ a_3 を二重にした構成を有して

いる。

そして、このフライバコア層 a_1 には線引き用加熱16が施されつつ線引きされて単一モードフライバ17が形成される。この線引きは周知の技術である。本発明においてはその線引きされたフライバに軸方向に沿って更に分布加熱18を施すことに特徴がある。

この分布加熱18は、第8図に示すようにコア材 a_4 及び/又はクラッド材 a_5 の中心に含まれているドーパントをその境界付近19で加熱させることにより、単一モードフライバ17の各横断面における屈折率分布を軸方向へ連続的に変化させる役割を果たす。即ち、分布加熱18において、大きな熱量で加熱した部分については、横断面内の半径方向へのドーパントの拡散長が長くなり、小さな熱量で加熱した部分についてはドーパントの横断面内の半径方向への拡散長が短くなることから、加熱の分布を適宜制御することによって屈折率分布を単一モードフライバ17の軸方向に沿って連続的に変化させることが可能となる。

尚、ここで「分布加熱」とは、単一モードフライバ17の軸方向に温度分布をつけて加熱する場合だけでなく、単一モードフライバ17の所定部を局部的に加熱するような加熱型も含む概念である。また、コア材 a_4 及び/又はクラッド材 a_5 の中心に含まれているドーパント量は本発明の均一であり、従って単一モードフライバ17における単位長さ当りのドーパント濃度は一定であることから、分布加熱18を施した後の単一モードフライバ17によって形成される光波回路素子は屈折率分布が軸方向に沿って単一モード条件を満たしながら変化したものとなる。

尚、この発明においては、フライバコア層 a_1 を線引きするにあたり、各フライバ a_1, a_2 にはガラスが選んでおり、また屈折率を変化させるドーパントとしては、例えば、カリウムイオン等を用いることもできるが、大きな屈折率変化を得るためには、電子分極率の大きな、例えばカリウムイオンを用いることが望ましい。

【実施例】

実施例1 (第一の発明に対応)

第9図は、本発明の第一の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の一実施例を示すものである。図において、10はコア層であり、11はクラッド層である。ここでは、両端61a,61bにおけるコア層10の横断面形状は略円形状になつており、両端61a,61bの間においては横断面内ドーパント濃度が一定に保つように、屈折率分布が軸方向に単一モード条件を満たしながら連続的に変化している。この変化の状況は第9図における L_1 、 L_2 (a1,2,3)で示される横断面で、それぞれ第8図、第9図及び第10図に示されるように連続的に電磁界分布が広がるように設定されている。

従って、一端61aから入射した光波は、伝播中の放射損失が抑えられるが、他端モータを保持して他端

51bに到達する。また、両端51a,51bに接続される光波回路素子の電磁界分布に対応させて両端51a,51bのコア層510の横断面形状を決定しておけば、接続による電磁界分布の不整合に伴う放射損失を抑制することができるとも場合素子としての役割を有する。

実施例2 (第二の発明に対応)

第10図は、本発明の第二の発明のフライバ型単一モード光波回路素子の一実施例を示すものである。図において、12はクラッド領域である。

ここに、コア層10の一端61aの横断面形状は略円形状であり、他端61bの横断面形状は略円形状になつており、屈折率分布は、一端61aにおいては第11a図に示すように11-11軸について矩形形状の分布で、且つ軸に垂直な非円形状の分布をなしており、他端61bにおいては第11b図に示すような円形状の屈折率分布をなしている。そして、両端61a,61bの間においては、コア層10の横断面形状が略円形状から略円形状に連続的に変化している。第10図における12-12で示される面の屈折率分布は第11b図に示され、矩形形状の分布から円形状の分布へ移行する過渡的な段階を示している。

従って、一端61aに照射される光波が素子の屈折率分布が略円形状であり、他端61bのそれが略円形状であるような場合に、放射損失の低い単一モード整合器として用いることができる。

第二の発明の実施例としては第12図に示すように、コア層10の形状が略円形状71a,71bで略円形状であり、或る横断面72(10-10で示される)で略円形状にすることも可能である。この素子は整合素子としての機能も有しているが、横断面72で切断することにより、第三の発明におけるフライバ型単一モード回路素子の一部(第8図における7,8に相当)として用いることが可能となる。

使用例

第13図は、本発明のフライバ型単一モード光波回路素子の一例を示すものである。図において、13はフライバ型回路素子であり、コア層13aとクラッド領域13b及び素子13cをコア層13aを含む横断面の一部を保持して構成したキヤップ13dからなる。

そして、横断面13aと13b及び横断面13dとでは屈折率分布が異なっており、横断面13aと13b及び横断面13dとの間では屈折率分布が連続的に変化している。ここに重要なことは、横断面13aと13bにおいて伝播する固有モードの電磁界分布が十分に広がるように、即ち伝播光のスポットサイズが十分に大きくなるように屈折率分布が設定されていることである。

このように設定することにより、この素子13cを伝播する光波はキヤップ13dの部分で導波作用が無いにもかかわらず、横断面13bから横断面13cへの小さな放射損失で伝播することができ、第14図は屈折率 n_2 を有する物質(例えばシリコンを用いた光導波管等)をキヤップ13dの中に介したときのキヤップ13dの端(即ち、介接物質の

長さ)と回折損失との関係を種々のスポットサイズを有する波長1.3μmの光線に対して求めたものである。

通常の通信用単一モードファイバでは波長1.3μmにおいてスポットサイズは約5μmであるから、回折損失を0.1dBに抑制するにはギヤツツ面を40μm以下にしなればならない。

しかし、本例の素子81を用いてスポットサイズを例えば15μmに拡大すれば、同じ回折損失でギヤツツ面を約40μmにまで大きくすることができる。従って、ギヤツツ面の部分に光ファイバリレータや光スウィッチ等の種々の素子を介接することが可能となる。

実施例3 (第三の発明に対応)

第15a図及び第15b図は前記のファイバ型単一モード光波回路素子を製造する製造装置の概略を示したものである。91はファイバプリフォームで、加熱炉92で加熱されることにより引き込まれるファイバ93となる。作製された単一モードファイバ93には更に加熱炉94によって軸方向にその断面積が変化する分布加熱が施される。

本実施例においてはタリウムを含む97ガラスをコア用として使用し、タリウムを含まない97ガラスをクラッド用として使用した。これは、ガラスの屈折率はタリウムの含有率によって大幅に変化し、屈折率差が1.8%及び2.9%近くの大きな値をもつ素子が得られるからであり、熱膨張係数、熱伝導率、屈折率は97ガラスとタリウム入り97ガラスとではほぼ同程度の値であることから、単一モードファイバへの屈折率に適合しているからである。

第16図はファイバプリフォーム91の横断面図(第15a図のA-A矢視断面)であり、次の工程を経て製造される。先ず、97ガラスからなるクラッド用97ガラス98、98の一方のクラッド用97ガラス98に導管を設け、これらクラッド用97ガラス98を接合させて、640℃の温度で30分間保持し、互いに融着させて矩形形状の97をもつクラッド用97用97ガラス98を作製する。この97にタリウム入り97ガラス98でその横断面が方形形状のコア用97用97ガラス98を石炭酸ペースト100を介して挿入する。

このようにして作製されたファイバプリフォーム91は第16図に示すように加熱炉92によって加熱されて引き込まれることになり、第17図に示すように加熱炉92で、コア層101とクラッド用97用97が融着する部分では、コア層101中のタリウムとクラッド用97用97中のタリウムとの間でイオン交換が生じ、タリウムがドーパントとしてクラッド用97用97中に拡散する。

この段階での拡散は線引きした単一モードファイバ93の屈折率分布が鈍る原因になるが、現実的には線引きによりタリウムの拡散係数が小さくなる効果があり、更に線引き速度を低くしてタリウムの拡散係数を小さくすることによりこの影響を抑制することができる。次に、線引きした単一モードファイバ93は所定の長さで切断し、その切断した単一モードファイバ93を加熱炉94によって分

布加熱を施す。

即ち、この段階でコア層101中のタリウムとクラッド用97用97の中間のタリウムとをイオン交換させ、軸方向の各横断面において屈折率分布が異なる所定の素子を得ることになる。加熱炉94はファイバ93の長さ方向に沿っての温度分布を制御することが可能なものであり、両端のイオン交換を制御する役割を果たす。

第18図はタリウム濃度と屈折率変化量との関係を示すものであるが、タリウムの濃度にはほぼ比例して屈折率が大きくなるっており、タリウムの濃度分布形状が屈折率分布形状に対応することが理解できる。

第19図は加熱によるドーパント分布の測定しやすいうち単一モード素子を作成し、線引き後のタリウムの分布をFMにより測定した結果を示す。

また、第20図はそのファイバを500℃の温度で3時間保持した後のタリウムの分布を示すFM測定結果である。これらの図から明らかになるように、加熱によりタリウムの拡散が生じており、単一モードファイバ93に対して制御された分布加熱を施すことにより、ドーパントの分布、即ち屈折率の分布を制御でき、単一モードファイバ93の軸方向の各横断面における屈折率分布を連続的に変化させることが可能であることが理解できる。

このようにして、前記の種々のファイバ型単一モード光波回路素子を製造することができ、同様の方法で、例えば波長1.32μmにおいて単一モードの素子を製造することもできた。

【発明の効果】

以上のように第一の発明によれば、単一モード光波回路素子を接続する場合における電磁界分布の不連続に伴う放射損失を低く抑制することができ、また、ドーパント分布すなわち屈折率分布のみを変化させればよいので、素子外形を一定とすることが可能である。さらに、ファイバ型であることから、小型かつ軽量化で、可塑性に富むものとなる。

また、第二発明によれば、入出力部における複雑な幾何学的不連続に伴う放射損失を抑制することができ、そして、第三の発明によれば、ファイバ型単一モード光波回路素子を製造するに際しては、屈折率分布が軸方向に一定な単一モードファイバを用いておき、加熱の熱量を制御可能な分布加熱によりドーパントの濃度を制御するという簡単な手法により、軸方向の屈折率分布変化を単一モード条件下で容易に実現できる。

従って、本発明によれば、半導体レーザーと光ファイバ間の単一モード重合器又はファイバ中に種々の素子を介装したファイバ型単一モード機能素子として用いられる最適な回路素子を提供することができる。更に、本発明に係る光波回路素子の一端をレンズ状に加え、又はレンズを付加して、より多くの機能を持たせたり、特性を改良したりすることにより、本発明を拡張したものにすることは可能である。

なお、上記使用例によれば、単一モード光波導波路中に種々の素子を介装した場合でも放射損失を抑制した重合を行うことができ、ファイバ型機能素子として用いられるに最適な光波回路素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

第1図は本発明(第一の発明)の基本的概念を示す図であり、ファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。

第2図は本発明(第二の発明)の基本的概念を示す図であり、ファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。第3図は本発明(第三の発明)の基本的概念を示す図であり、ファイバ型単一モード光波回路素子の製造工程を示す図である。

第4図aから第4図c図は横断にファイバ型単一モード光波回路素子の横断面上の位置を、縦断に屈折率ととり、各横断面における屈折率分布を示したグラフである。第5図aから第5図c図は横断にファイバ型単一モード光波回路素子の横断面上の位置を、縦断に屈折率ととり、各横断面における屈折率分布を示したグラフである。第6図は本発明の一使用例の基本的概念を示す図であり、ファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。

第7図は本発明(第三の発明)の基本的概念を示す図であり、ファイバ型単一モード光波回路素子の製造工程を示す図である。第8図は加熱分岐装置における単一モードファイバの斜視図である。第9図は実施例のファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。

第10図は実施例のファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。第11図は横断にファイバ型単一モード光波回路素子の横断面上の位置を、縦断に屈折率ととり、各横断面における屈折率分布を示したグラフである。第12図は実施例のファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。

第13図は実施例のファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。第14図は横断にファイバ型単一モード光波回路素子の横断面上の位置を、縦断に屈折率ととり、各横断面における屈折率分布を示したグラフである。第15図は実施例のファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。

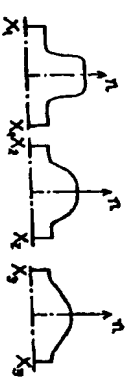
第12図は実施例のファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。第13図は実施例のファイバ型単一モード光波回路素子の斜視図である。

第14図は横断に回折による損失を、縦断にギヤツツの幅をとって、光波のスポートサイズの相違による回折損失を示したグラフである。

第15a図及び第15b図はファイバ型単一モード光波回路素子の製造装置(それぞれ、線引き加熱部、線引き後の分布加熱部)の概略図である。

第16図はファイバプリフォームの横断面図(第15a図におけるA-A矢視断面)である。第17図は線引き中のファイバプリフォーム側面図である。第18図はタリウム濃度を横断に、屈折率変化を縦断にとり、両者の関係を示したグラフである。第19図は多モード用素子を線引きした後のタリウム濃度分布を示すFM測定グラフである。第20図は線引き後の多モード用素子を600℃で3時間加熱処理してタリウムを拡散させた場合のFM測定グラフである。

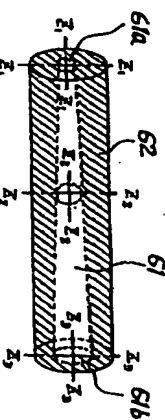
(符号の説明)
1……ファイバ型単一モード光波回路素子、
1a、1b……横断、
2……コア層、
3……クラッド用97用97、
7……第1の素子部、
8……第2の素子部、
9a、9b……コア層、
10a、10b……クラッド用97用97、
11a、11b……横断面、
12……ギヤツツ、
13……ファイバプリフォーム、
14……コア用97用97、
15……クラッド用97用97、
16……加熱、
17……単一モードファイバ、
18……分布加熱、
19……コア材とクラッド用97用97材の境界付近、



【第4a図】

【第4b図】

【第4c図】

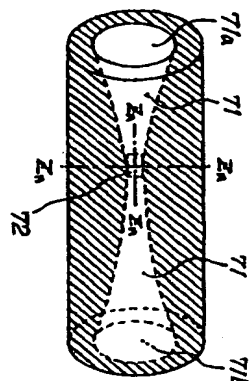


【第10図】

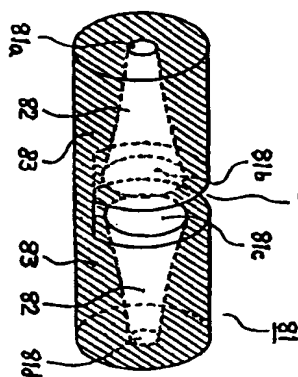
(9)

特許2530823

【第12図】



【第13図】



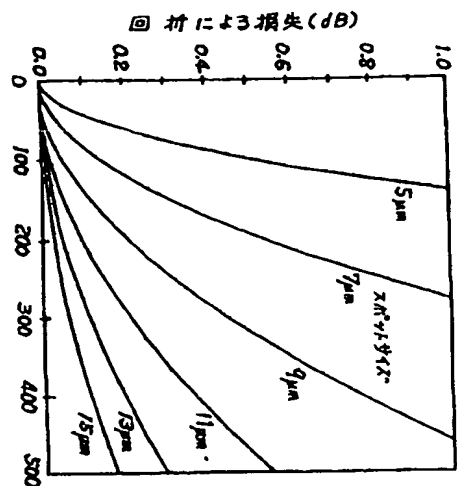
フロントページの続き

(56) 参考文献 英特 8248-91948 (J.P., U)
特公 8258-7202 (J.P., B.2)

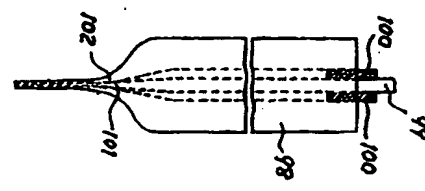
(10)

特許2530823

【第14図】



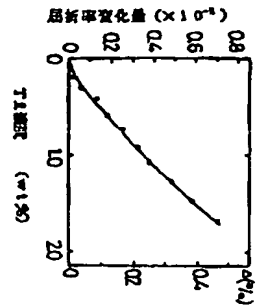
【第17図】



【第20図】

光ファイバーの構造 (μm)

【第18図】



【第19図】

